

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Mehrstufengetriebe nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] In der US 5,106,352 A sind mehrere Getriebeschemata für Automatgetriebe mit einem nicht schaltbaren Vorschaltsatz und einem schaltbaren Hauptradsatz bekannt geworden, bei dem durch selektives Schalten von fünf Schaltelementen insgesamt sechs Vorwärtsgänge ohne Gruppenschaltung schaltbar sind. Der Hauptradsatz ist dabei als schaltbares Zweisteg-Vierwellen-Getriebe mit zwei gekoppelten Planetenradsätzen ausgebildet. Der nicht schaltbare Vorschaltsatz kann als Einsteg-Planetengertriebe oder als Zweiwellen-Getriebe mit zwei festen Stirnradpaaren ausgebildet sein.

[0003] Ist der Vorschaltsatz als nicht schaltbares Einsteg-Planetengertriebe ausgebildet, so schlägt die US 5,106,352 A vor, die Antriebswelle des Automatgetriebes fest mit diesem Einsteg-Planetengertriebe zu verbinden und die so im Vorschaltsatz erzeugte Drehzahl über verschiedene Schaltelemente auf Radsatzkomponenten des Hauptradsatzes selektiv zu übertragen. Weiterhin ist die Antriebswelle über ein Schaltelement mit dem Hauptradsatz verbindbar. Ist der Vorschaltsatz als Zweiwellen-Getriebe mit konstanten Stirnradstufen ausgebildet, so schlägt die US 5,106,352 A vor, die Antriebswelle fest mit je einem Stirnrad von zwei Stirnradpaaren zu verbind. Antriebswelle und Abtriebswelle des Automatgetriebes sind also zueinander nicht koaxial. Durch diese beiden Stirnradpaare werden zwei Drehzahlen erzeugt, welche über verschiedene Schaltelemente auf Radsatzkomponenten des Hauptradsatzes übertragbar sind.

[0004] In der älteren Deutschen Patentanmeldung P 199 49 507.4 der Anmelderin werden mehrere Getriebeschematas für ein automatisches Mehrstufengetriebe mit verschiedenen Kombinationen gekoppelter Planetenradsätze beschrieben. Durch geeignete Anbindung einer nicht schaltbaren Planetenradsatzkombination in einem Vorschaltsatz an eine schaltbare Planetenradsatzkombination in einem Nachschaltsatz können jeweils mindestens sieben Vorwärtsgänge ohne Gruppenschaltung geschaltet werden. Die Anzahl der schaltbaren Vorwärtsgänge ist dabei mindestens um zwei größer als die Anzahl der Schaltelemente. Vorschaltsatz und Nachschaltsatz sind stets koaxial zueinander angeordnet.

[0005] Auch die DE-P 199 49 507.4 schlägt dabei vor, den schaltbaren Nachschaltsatz als Zweisteg-Vierwellen-Getriebe auszubilden. Unter Zweisteg-Vierwellen-Getriebe ist hierbei eine Anordnung von zwei einzelnen mechanisch gekoppelten Einsteg-Planetenradsätzen zu verstehen, bei denen die gekoppelte Einheit infolge einer zweifachen Bauteilbindung vier sogenannte "freie Wellen" aufweist, wobei eine "Welle" ein Sonnenrad, ein Hohlrad oder auch ein Steg eines Planetenradsatzes sein kann.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht nun darin, ausgehend vom genannten Stand der Technik ein Mehrstufengetriebe mit nicht-koaxialer Anordnung von Antriebs- und Abtriebswelle und wenigstens sieben ohne Gruppenschaltung schaltbaren Vorwärtsgängen hinsichtlich Bauform zu entwickeln, mit geringem Bauaufwand, günstiger Gangstufung und großer Spreizung.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein die Merkmale des Hauptanspruchs aufweisendes Mehrstufengetriebe gelöst.

[0008] Ausgehend vom gattungsgemäßen Stand der Technik der US 5,106,352 A, weist das Mehrstufengetriebe eine Antriebswelle und eine dazu nicht koaxial angeordnete Abtriebswelle auf. Mit der Antriebswelle ist ein nicht schaltbarer Vorschaltsatz verbundenen, der als Zweiwellen-Getriebe mit zwei konstanten Stirnradstufen ausgeführt ist. Mit der

Abtriebswelle ist ein schaltbarer Hauptradsatz verbundenen, der als Zweisteg-Vierwellen-Getriebe mit zwei gekoppelten, schaltbaren Planetenradsätzen ausgebildet ist.

[0009] Die beiden Stirnradstufen des Vorschaltsatz erzeugen je eine Ausgangsdrehzahl, die über verschiedene Schaltelemente durch deren selektives Schließen auf einzelne Komponenten der Planetenradsätze des Hauptradsatzes übertragbar sind. Selbstverständlich können in verschiedenen Ausgestaltungen des Hauptradsatzes unterschiedliche Bauteilekoppelungen innerhalb der Planetenradsätze vorgesehen sein.

[0010] Erfindungsgemäß weist das Mehrstufengetriebe sechs Schaltelemente auf, durch deren selektives Schließen insgesamt acht Vorwärtsgänge und zwei Rückwärtsgänge schaltbar sind. Im Unterschied zum gattungsgemäßen Stand der Technik ist also ein zusätzliches Schaltelement vorgesehen, wodurch zwei zusätzliche Vorwärtsgänge geschaltet werden können. In jedem geschalteten Gang sind dabei zwei Schaltelemente geschaltet. Beim Umschalten von einem Gang in den nächsten wird dabei lediglich ein Schaltelement abgeschaltet und ein weiteres Schaltelement zugeschaltet, wodurch schaltqualitätskritische Gruppenschaltungen, bei denen mehrere Schaltelemente gleichzeitig zu- bzw. abgeschaltet werden müssen, vermieden werden.

[0011] Die erste freie Welle des Hauptradsatzes ist mit einem Schaltelement verbunden, über welches die erste Welle des Hauptradsatzes mit der zweiten Stirnradstufe des Vorschaltsatzes verbindbar ist. Erfindungsgemäß ist die zweite freie Welle des Hauptradsatzes mit drei Schaltelementen verbunden, über welche die zweite Welle des Hauptradsatzes wahlweise mit der ersten oder mit der zweiten Stirnradstufe des Vorschaltsatzes verbindbar oder festsetzbar ist. Die dritte freie Welle des Hauptradsatzes ist mit zwei Schaltelementen verbunden, über welche die dritte Welle des Hauptradsatzes mit der ersten Stirnradstufe des Vorschaltsatzes verbindbar oder festsetzbar ist. Die vierte freie Welle des Hauptradsatzes ist mit der Abtriebswelle des Getriebes verbunden.

[0012] Vorzugsweise sind die erste und zweite freie Welle des Hauptradsatzes jeweils ein Zentralrad, also ein Sonnenrad oder ein Hohlrad. Die dritte freie Welle des Hauptradsatzes ist vorzugsweise ein Steg.

[0013] Gegenüber dem gattungsgemäßen Stand der Technik weist das erfindungsgemäße Mehrstufengetriebe also auf der zweiten Welle des als Zweisteg-Vierwellen-Getriebe ausgebildeten Hauptradsatzes ein zusätzliches Schaltelement auf.

[0014] In besonders vorteilhafter Weise ermöglicht diese Ausbildung kompakte, bauraumsparende achtgängige Mehrstufengetriebe für Anwendungen mit nicht-koaxialem An- und Abtrieb. Das solchermaßen ausgebildete erfindungsgemäße Mehrstufengetriebe eignet sich insbesondere für Kraftfahrzeuge mit quer zur Fahrtrichtung eingebautem Antriebsmotor ("Front-Quer-Antrieb", "Heck-Quer-Antrieb") oder mit längs zur Fahrtrichtung eingebautem Antriebsmotor und Front- bzw. Heck-Antrieb.

[0015] Aus den Unteransprüchen gehen bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung hervor.

[0016] Im folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsformen eines Mehrstufengetriebes beispielhaft erläutert. Es zeigen:

[0017] Fig. 1A und 1B eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes;

[0018] Fig. 2A und 2B eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes; und

[0019] Fig. 3A und 3B eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes.

[0020] In den Figuren mit Index A sind entsprechend der

jeweiligen Ausführungsform das Getriebschema des Mehrstufengetriebes dargestellt. Die Figur mit Index B zeigt die der Ausführungsform zugehörigen Schaltlogik, beispielhafte Übersetzungen der einzelnen Gänge, Gangstufung, Getriebspreizung und Standübersetzungen der einzelnen Planetenradsätze und Stirnradstufen.

[0021] In allen Figuren ist mit 1 eine mit einer Eingangs-drehzahl n rotierende Antriebswelle und mit 2 eine mit einer Abtriebsdrehzahl n_{ab} rotierende Abtriebswelle des Mehrstufengetriebes bezeichnet. ST1 und ST2 bezeichnen eine erste und eine zweite Stirnradstufe des Vorschaltsatzes, jeweils mit einem eingangsseitigen Stirnrad S11, S21, sowie jeweils mit einem ausgangsseitigen Stirnrad S12, S22. Ausgangsseitig erzeugt der Vorschaltsatz also zwei verschiedene Drehzahlen, nämlich die Ausgangsdrehzahl n_1 , mit der das ausgangsseitige Stirnrad S12 der ersten Stirnradstufe ST1 rotiert, und die Ausgangsdrehzahl n_2 , mit der das ausgangsseitige Stirnrad S22 der zweiten Stirnradstufe ST2 rotiert. Mit RS1 und RS2 sind ein erster und ein zweiter Planetenradsatz des Hauptradsatzes bezeichnet. Die bauteilseitige Koppelung der Planetenradsatzkomponenten innerhalb des Hauptradsatzes ist in den dargestellten beispielhaften Ausführungsformen unterschiedlich. Es sind sechs Schaltelemente A, B, C, D, E, F vorgesehen, wobei die Schaltelemente A, B, E, F stets als Kupplung und die Schaltelemente C, D stets als Bremse ausgebildet sind.

[0022] Die erste freie Welle des Hauptradsatzes ist mit der Kupplung A verbunden ist und rotiert bei geschlossener Kupplung A mit Ausgangsdrehzahl n_2 der zweiten Stirnradstufe ST2. Die zweite freie Welle des Hauptradsatzes ist mit der Kupplung B, der Bremse C und der Kupplung F verbunden, rotiert bei geschlossener Kupplung B mit Ausgangsdrehzahl n_2 der ersten Stirnradstufe ST2, steht bei geschlossener Bremse C still, und rotiert bei geschlossener Kupplung F mit Ausgangsdrehzahl n_1 der ersten Stirnradstufe ST1. Die dritte freie Welle des Hauptradsatzes ist mit der Bremse D und der Kupplung E verbunden, steht bei geschlossener Bremse D still und rotiert bei geschlossener Kupplung E mit Ausgangsdrehzahl n_1 der ersten Stirnradstufe ST1. Die vierte freie Welle des Hauptradsatzes ist mit der Abtriebswelle 2 verbunden ist und rotiert mit Abtriebsdrehzahl n_{ab} .

[0023] Erfindungsgemäß ist die zweite freie Welle des Hauptradsatzes also stets durch Schaltmöglichkeit des gegenüber dem gattungsgemäßen Stand der Technik zusätzlichen sechsten Schaltelementes F wahlweise mit beiden ausgangsseitigen Stirnrädern S12, S22 (Ausgangsdrehzahlen n_1 , n_2) der beiden Stirnradstufen ST1, ST2 verbindbar, und nicht nur mit dem ausgangsseitigen Stirnrad S22 (Ausgangsdrehzahl n_2) der zweiten Stirnradstufen ST2.

[0024] Fig. 1A zeigt nun das Getriebschema einer beispielhaften ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes. Die Antriebswelle 1 (Drehzahl n) ist fest mit dem eingangsseitigen Stirnrad S11 der ersten Stirnradstufe ST1 und fest mit dem eingangsseitigen Stirnrad S21 der zweiten Stirnradstufe ST2 verbunden. Beide Planetenradsätze RS1, RS2 sind als Minus-Getriebe ausgebildet und umfassen jeweils ein Sonnenrad 11, 21, ein Hohlrad 13, 23, sowie einen Steg 15, 25 mit Planetenrädern 12, 22.

[0025] Das Sonnenrad 11 des ersten Planetenradsatzes RS1 bildet die erste freie Welle des Hauptradsatzes und ist über das erste Schaltelement A mit dem ausgangsseitigen Stirnrad S22 der zweiten Stirnradstufe ST2 verbindbar. Ist die Kupplung A geschlossen, so rotiert das Sonnenrad 11 mit der Drehzahl n_2 , die sich aus der Eingangs-drehzahl n der Antriebswelle 1 und dem Übersetzungsverhältnis der zweiten Stirnradstufe i_{ST1} errechnet.

[0026] Das Sonnenrad 21 des zweiten Planetenradsatzes

RS2 bildet die zweite freie Welle des Hauptradsatzes und ist über das zweite Schaltelement B mit dem ausgangsseitigen Stirnrad S22 der zweiten Stirnradstufe ST2 verbindbar, über das dritte Schaltelement C festsetzbar, sowie über das sechste Schaltelement F mit dem ausgangsseitigen Stirnrad S12 der ersten Stirnradstufe ST1 verbindbar. Ist die Kupplung B geschlossen, so rotiert das Sonnenrad 21 mit der Drehzahl n_2 , die sich aus der Eingangs-drehzahl n der Antriebswelle 1 und dem Übersetzungsverhältnis der zweiten Stirnradstufe i_{ST2} errechnet. Ist die Bremse C geschlossen, so steht das Sonnenrad 21 still. Ist die Kupplung F geschlossen, so rotiert das Sonnenrad 21 mit der Drehzahl n_1 , die sich aus der Eingangs-drehzahl n der Antriebswelle 1 und dem Übersetzungsverhältnis der ersten Stirnradstufe i_{ST1} errechnet.

[0027] Das Hohlrad 13 des ersten Planetenradsatzes RS1 und der Steg 25 des zweiten Planetenradsatzes RS2 sind gekoppelt und bilden die dritte freie Welle des Hauptradsatzes, sind über das vierte Schaltelement D festsetzbar, sowie über das fünfte Schaltelement E mit dem ausgangsseitigen Stirnrad S12 der ersten Stirnradstufe ST1 verbindbar. Ist die Bremse D geschlossen, so stehen Hohlrad 13 und angekoppelter Steg 25 still. Ist die Kupplung E geschlossen, so rotieren Hohlrad 13 und angekoppelter Steg 25 mit der Drehzahl n_1 , die sich aus der Eingangs-drehzahl n der Antriebswelle 1 und dem Übersetzungsverhältnis der ersten Stirnradstufe i_{ST1} errechnet.

[0028] Das Hohlrad 23 des zweiten Planetenradsatzes RS2 und der Steg 15 des ersten Planetenradsatzes RS1 sind gekoppelt und bilden die vierte freie Welle des Hauptradsatzes und sind mit der Abtriebswelle 2 des Mehrstufengetriebes verbunden.

[0029] Für die Drehzahlen an den Getriebewellen und Schaltelementen gilt folgendes:

1. Die Ausgangsdrehzahl n_1 der ersten Stirnradstufe ST1 ist gleich der Eingangs-drehzahl n der Antriebswelle 1 dividiert durch das Übersetzungsverhältnis i_{ST1} der ersten Stirnradstufe ST1;
2. die Ausgangsdrehzahl n_2 der zweiten Stirnradstufe ST2 ist gleich der Eingangs-drehzahl n der Antriebswelle 1 dividiert durch das Übersetzungsverhältnis i_{ST2} der zweiten Stirnradstufe ST2;
3. die Drehzahl an den Schaltelementen A und B ist gleich der Ausgangsdrehzahl n_2 der zweiten Stirnradstufe ST1;
4. die Drehzahl an den Schaltelementen E und F ist gleich der Ausgangsdrehzahl n_1 der ersten Stirnradstufe ST2;
5. die Drehzahl am geschalteten Schaltelement C ist null;
6. die Drehzahl am geschalteten Schaltelement D ist null;
7. die Drehzahl an der Welle, welche die Schaltelemente B, C, F mit einem Zentralrad des zweiten Planetenradsatzes RS2 verbindet, ist bei geschalteten Schaltelementen A und D negativ gegenüber der bei betätigtem Schaltelement B vorliegenden Drehzahl;
8. die Drehzahl an der Welle, welche die Schaltelemente B, C, F mit dem Zentralrad des zweiten Planetenradsatzes RS2 verbindet, ist bei geschaltetem Schaltelement B größer als null;
9. die Drehzahl an der Welle, welche die Schaltelemente B, C, F mit dem Zentralrad des zweiten Planetenradsatzes RS2 verbindet, ist bei geschaltetem Schaltelement F größer als die bei betätigtem Schaltelement B vorliegenden Drehzahl;
10. die Drehzahl an der Welle, welche das Schaltelement A mit einem Zentralrad des ersten Planetenrad-

satzes RS1 verbindet, ist bei geschalteten Schaltelementen E und F größer als die bei betätigtem Schaltelement A vorliegenden Drehzahl;

11. die Drehzahl an der Welle, welche das Schaltelement A mit dem Zentralrad des ersten Planetenradsatzes RS1 verbindet, ist bei geschalteten Schaltelementen E und B größer als die bei betätigten Schaltelementen E und F vorliegenden Drehzahl;

12. die Drehzahl an der Welle, welche das Schaltelement A mit dem Zentralrad des ersten Planetenradsatzes RS1 verbindet, ist bei geschalteten Schaltelementen E und C größer als die bei betätigten Schaltelementen E und B vorliegenden Drehzahl;

13. die Drehzahl an der Welle, welche das Schaltelement A mit dem Zentralrad des ersten Planetenradsatzes RS1 verbindet, ist bei geschalteten Schaltelementen D und B negativ gegenüber der bei betätigtem Schaltelement A vorliegenden Drehzahl;

14. die Drehzahl an der Welle, welche das Schaltelement A mit dem Zentralrad des ersten Planetenradsatzes RS1 verbindet, ist bei geschalteten Schaltelementen D und F kleiner als die bei betätigten Schaltelementen D und B vorliegenden Drehzahl;

15. die Drehzahl an der Welle, welche die Schaltelemente D, E mit einem Steg des zweiten Planetenradsatzes RS2 verbindet, ist bei geschalteten Schaltelementen A und B größer als die bei betätigten Schaltelementen A und C vorliegenden Drehzahl;

16. die Drehzahl an der Welle, welche die Schaltelemente D, E mit dem Steg des zweiten Planetenradsatzes RS2 verbindet, ist bei geschalteten Schaltelementen A und F größer als die bei betätigten Schaltelementen A und B vorliegenden Drehzahl;

17. die Drehzahl an der Welle, welche die Schaltelemente D, E mit dem Steg des zweiten Planetenradsatzes RS2 verbindet, ist bei geschaltetem Schaltelementen E größer als die bei betätigten Schaltelementen A und F vorliegenden Drehzahl.

[0030] Wie in Fig. 1B gezeigt, sind bei der ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes insgesamt acht Vorwärtsgänge und zwei Rückwärtsgänge ohne komfortkritische Gruppenschaltung schaltbar, bei vergleichsweise großer Spreizung und sehr harmonischer Stufung. In vorteilhafter Weise ist die Anfahrübersetzung im ersten Vorwärtsgang und auch im ersten Rückwärtsgang groß, sodaß sich bei einer Anwendung als PKW-Automatgetriebe beispielsweise ein Drehmomentwandler als Anfahrlelement einsparen läßt. Der siebte und achte Vorwärtsgang ist antriebsdrehzahlensenkend als Overdrive-Gang ausgeführt. Die nicht koaxiale Bauteilanordnung von Antriebs- und Abtriebswelle und der kompakte Aufbau des Mehrstufengetriebes ist in bekannter Weise vorteilhaft für eine Anwendung in Kraftfahrzeugen mit quer zur Fahrtrichtung angeordnetem Antriebsmotor.

[0031] Wie ebenfalls in Fig. 1B gezeigt, rotiert das ausgangsseitige Stirnrad S12 der ersten Stirnradstufe ST1 (Drehzahl n_1) bei der ersten beispielhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes mit (negativer) Eingangsdrehzahl n der Antriebswelle 1 ($i_{ST1} = -1,0$) und das ausgangsseitige Stirnrad S22 der zweiten Stirnradstufe ST2 (Drehzahl n_2) mit (negativer) halber Eingangsdrehzahl n der Antriebswelle 1 ($i_{ST2} = -2,0$). In anderen Ausbildungen des Vorschaltsatzes können selbstverständlich auch andere Übersetzungsverhältnisse der beiden Stirnradstufen ST1, ST2 vorgesehen sein.

[0032] Anhand der Fig. 2A und 2B wird nun eine zweite beispielhafte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen

Mehrstufengetriebes erläutert. Fig. 2A zeigt das Getriebeschema dieser zweiten Ausführungsform. Im Unterschied zu der zuvor beschriebenen ersten Ausführungsform ist lediglich die Koppelung der Radsatzkomponenten des Haupt- radsatz und deren Anbindung an die einzelnen Schaltelemente modifiziert. In Fig. 2B sind Schaltlogik und beispielhafte Standübersetzungen und Gangstufen der zweiten Ausführungsform dargestellt, die entsprechend den genannten Modifikationen gegenüber der ersten Ausführungsform identisch sind zur Darstellung in Fig. 1B.

[0033] Wie in Fig. 2A dargestellt, wird die erste freie Welle des als Zweisteg-Vierwellen-Getriebes ausgebildeten Hauptradsatzes weiterhin durch ein Zentralrad des ersten Planetenradsatzes RS1 gebildet, nunmehr aber durch dessen Hohlrad 13. Das Hohlrad 13 des ersten Planetenradsatzes RS1 ist also über die Kupplung A mit dem ausgangsseitigen Stirnrad S22 (Drehzahl n_2) des zweiten Stirntriebs ST2 verbindbar. Die zweite freie Welle des Hauptradsatzes wird nunmehr durch die beiden gekoppelten Sonnenräder 11, 21 der Planetenradsätze RS1, RS2 gebildet und ist über die Kupplung B mit dem ausgangsseitigen Stirnrad S22 (Drehzahl n_2) der zweiten Stirnradstufe ST2, sowie über die Kupplung F mit dem ausgangsseitigen Stirnrad S12 (Drehzahl n_1) der ersten Stirnradstufe ST1 verbindbar. Die dritte freie Welle des Hauptradsatzes wird nunmehr alleine durch den Steg 25 mit den Planetenrädern 22 des zweiten Planetenradsatzes RS gebildet und ist unverändert über die Bremse D festsetzbar, sowie über die Kupplung E mit dem ausgangsseitigen Stirnrad S12 (Drehzahl n_1) der ersten Stirnradstufe ST1 verbindbar.

[0034] Gegenüber der beschriebenen ersten Ausführungsform ist bei der zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes der Hauptradsatz durch die Bauteilekoppelung der beiden Sonnenräder 11, 12 fertigungstechnisch günstiger.

[0035] Fig. 3A stellt nun das Getriebeschema einer dritten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes dar. Im Unterschied zu den zuvor beschriebenen Ausführungsformen eins und zwei ist der Hauptradsatz nunmehr als Ravigneux-Radsatz ausgebildet, mit den bekannten Vorteilen hinsichtlich Bauraum.

[0036] Wie in Fig. 3A dargestellt ist der erste Planetenradsatz RS1 als Plus-Getriebe ausgebildet und weist zwei gekoppelte Stege 15', 15" mit inneren Planetenrädern 12' und äußeren Planetenrädern 12" auf. Diese gekoppelten Stege 15', 15" sind als erste Koppelung innerhalb des Hauptradsatzes mit dem Steg 25 der Planetenräder 22 des zweiten Planetenradsatzes RS2 verbunden, wobei die äußeren Planetenräder 12' des ersten Planetenradsatzes RS1 und die Planetenräder 22 des zweiten Planetenradsatzes RS2 zusammengefaßt sind. Die Hohlräder 13 und 23 beider Planetenradsätze RS1, RS2 sind folglich ebenfalls zusammengefaßt und bilden die zweite Koppelung innerhalb des Hauptradsatzes.

[0037] Die Anbindung der freien Wellen des Ravigneux-Radsatzes an die beiden Stirnradstufen ST1 und ST2 entspricht der in Fig. 1A. Die Ausgangsdrehzahl n_2 der zweiten Stirnradstufe ST2 ist also über die Kupplung A mit dem Sonnenrad 11 des ersten Planetenradsatzes RS1 (als ein Zentralrad des ersten Planetenradsatzes RS1) und über die Kupplung B mit dem Sonnenrad 21 des zweiten Planetenradsatzes RS2 (als ein Zentralrad des zweiten Planetenradsatzes RS2) verbindbar. Weiterhin ist die Ausgangsdrehzahl n_1 der ersten Stirnradstufe ST1 über die Kupplung E mit den gekoppelten Stegen 15', 15", 25 der beiden Planetenradsätze RS1, RS2 und erfindungsgemäß über die Kupplung F zusätzlich mit dem Sonnenrad 21 des zweiten Planetenradsatzes RS2 (als ein Zentralrad des zweiten Planetenradsatzes RS2) verbindbar. Unverändert sind das Sonnenrad 21 über

die Bremse C und die gekoppelten Stege 15', 15", 25 über die Bremse D festsetzbar.

[0038] In Fig. 2B sind Schaltlogik und beispielhafte Standübersetzungen und Gangstufen der dritten Ausführungsform dargestellt. Gegenüber den zuvor beschriebenen Ausführungsformen eins und zwei zeigen die Übersetzungen der einzelnen Gänge geringfügige Abweichungen, die Spreizung ist etwas größer.

[0039] Selbstverständlich können auch andere Planetenradsatzkombinationen innerhalb des Hauptradsatzes vorgesehen sein, bei denen beispielsweise die erste oder die zweite Welle des als Zweisteg-Vierwellen-Getriebes ausgebildeten Hauptradsatzes durch einen Steg des ersten oder zweiten Planetenradsatzes RS1 bzw. RS2 gebildet wird.

[0040] In einer anderen Ausbildung eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes können im Hauptradsatzes auch drei gekoppelte, schaltbare Planetenradsätze vorgesehen sein, wobei es – je nach Koppelung dieser drei Planetenradsätze – zweckmäßig sein kann, eine dritte Stirnradstufe vorzusehen, die eingangsseitig fest mit der Antriebswelle verbunden ist und eine dritte Ausgangsdrehzahl erzeugt, welche zusätzlich auf den Hauptradsatz übertragbar ist. Auf diese Weise können kompakte vielgängige Mehrstufengetriebe mit vergleichsweise geringer axialen Erstreckung dargestellt werden.

[0041] In einer anderen Ausbildung eines erfindungsgemäßen Mehrstufengetriebes kann auch vorgesehen sein, dem als Zweisteg-Vierwellen-Getriebe ausgebildeten Hauptradsatz einen Nachschaltsatz nachzuschalten. Dieser Nachschaltsatz kann nicht schaltbar oder über mindestens ein zusätzliches Schaltelement schaltbar sein und aus einem Nachschalt-Planetensatz oder aus mehreren gekoppelten Nachschalt-Planetensätzen gebildet werden.

Bezugszeichen

1 Antriebswelle	
2 Abtriebswelle	
11 Sonnenrad des ersten Planetenradsatzes	
12 Planetenrad des ersten Planetenradsatzes	
13 Hohlrad des des ersten Planetenradsatzes	
15 Steg des des ersten Planetenradsatzes	
21 Sonnenrad des zweiten Planetenradsatzes	
22 Planetenrad des zweiten Planetenradsatzes	
23 Hohlrad des zweiten Planetenradsatzes	
25 Steg des zweiten Planetenradsatzes	
A, B, C, D, E, F erstes bis sechstes Schaltelement	
RS1 erster Planetenradsatz des Hauptradsatzes	
RS2 zweiter Planetenradsatz des Hauptradsatzes	
ST1 erste Stirnradstufe des Vorschaltsatzes	
ST2 zweite Stirnradstufe des Vorschaltsatzes	
S11 eingangsseitiges Stirnrad der ersten Stirnradstufe	
S12 ausgangsseitiges Stirnrad der ersten Stirnradstufe	
S21 eingangsseitiges Stirnrad der zweiten Stirnradstufe	
S22 ausgangsseitiges Stirnrad der zweiten Stirnradstufe	
i _{ST1} Übersetzungsverhältnis der ersten Stirnradstufe	
i _{ST2} Übersetzungsverhältnis der zweiten Stirnradstufe	
n Drehzahl der Antriebswelle	
n _{ab} Drehzahl der Abtriebswelle	
n1 Ausgangsdrehzahl der ersten Stirnradstufe	
n2 Ausgangsdrehzahl der zweiten Stirnradstufe	

Patentansprüche

1. Mehrstufengetriebe, mit einer Antriebswelle (1) und einer zu dieser nicht koaxialen Abtriebswelle (2), mit zwei Stirnradstufen (ST1, ST2), die eingangsseitig fest mit der mit einer Eingangsdrehzahl (n) rotierenden

Antriebswelle (1) verbunden sind und zwei Ausgangsdrehzahlen (n1, n2) erzeugen, mit einem Hauptradsatz, der mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist und als Zweisteg-Vierwellen-Getriebe ausgebildet ist mit zwei gekoppelten, schaltbaren Planetenradsätzen (RS1, RS2), auf welche die Ausgangsdrehzahlen (n1, n2) der Stirnradstufen (ST1, ST2) über mehrere Schaltelemente (A bis E) durch deren selektives Schließen zur Schaltung von mindestens sechs Vorwärtsgängen derart übertragbar sind, daß zum Umschalten von einem Gang in den nächstfolgend höheren oder nächstfolgend niedrigeren Gang von den gerade betätigten Schaltelementen jeweils nur ein Schaltelement abgeschaltet und ein weiteres Schaltelement zugeschaltet wird, wobei die Ausgangsdrehzahl (n2) der zweiten Stirnradstufe (ST2) über ein erstes Schaltelement (A) auf eine erste Welle des Hauptradsatzes und über ein zweites Schaltelement (B) auf eine zweite Welle des Hauptradsatzes übertragbar ist, und wobei die Ausgangsdrehzahl (n1) der ersten Stirnradstufe (ST1) über ein fünftes Schaltelement (E) auf eine dritte Welle des Hauptradsatzes übertragbar ist, wobei die zweite Welle des Hauptradsatzes über ein drittes Schaltelement (C) und die dritte Welle des Hauptradsatzes über ein viertes Schaltelement (D) festsetzbar ist, und wobei eine vierte freie Welle des Hauptradsatzes mit der Abtriebswelle (2) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß insgesamt sechs Schaltelemente (A bis F) vorgesehen sind, daß die Ausgangsdrehzahl (n1) der ersten Stirnradstufe (ST1) zusätzlich über das sechste Schaltelement (F) auf die zweite Welle des Hauptradsatzes übertragbar ist, und daß mindestens acht Vorwärtsgänge und maximal zwei Rückwärtsgänge schaltbar sind.

2. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsdrehzahl (n1) der ersten Stirnradstufe (ST1) betragsmäßig gleich oder zumindest annähernd gleich der Eingangsdrehzahl (n) der Antriebswelle (1) ist.

3. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsdrehzahl (n2) der zweiten Stirnradstufe (ST2) betragsmäßig halb so groß oder zumindest annähernd halb so groß ist wie die Eingangsdrehzahl (n) der Antriebswelle (1).

4. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Welle des Hauptradsatzes ein Zentralrad des zweiten Planetenradsatzes (RS2) ist.

5. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Welle des Hauptradsatzes aus zwei gekoppelten Zentralrädern der beiden Planetenradsätze (RS1, RS2) gebildet ist.

6. Mehrstufengetriebe nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Welle des Hauptradsatzes aus einem Steg (25) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) oder aus gekoppelten Stegen (15, 25) beider Planetenradsätze (RS1, RS2) gebildet ist.

7. Mehrstufengetriebe nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- ein Sonnenrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) bildet die erste freie Welle des Hauptradsatzes und ist über das erste Schaltelement (A) mit einem ausgangsseitigen Stirnrad (S22) der zweiten Stirnradstufe (ST2) verbindbar;
- ein Sonnenrad (21) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) bildet die zweite freie Welle des Hauptradsatzes und ist über das zweite Schaltelement (B) mit dem ausgangsseitigen Stirnrad (S22) der

zweiten Stirnradstufe (ST2) verbindbar, über das dritte Schaltelement (C) festsetzbar, sowie über das sechste Schaltelement (F) mit einem ausgangsseitigen Stirnrad (S12) der ersten Stirnradstufe (ST1) verbindbar;

- ein Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) und ein Steg (25) mit Planetenrädern (22) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) sind gekoppelt und bilden die dritte freie Welle des Haupttradsatzes, sind über das vierte Schaltelement (D) festsetzbar, sowie über das fünfte Schaltelement (E) mit dem ausgangsseitigen Stirnrad (S12) der ersten Stirnradstufe (ST1) verbindbar; und
- ein Hohlrad (23) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) und ein Steg (15) mit Planetenrädern (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) sind gekoppelt und bilden die vierte freie Welle des Haupttradsatzes und sind mit der Abtriebswelle (2) verbunden [Fig. 1A].

8. Mehrstufengetriebe nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, 5, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- ein Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) bildet die erste freie Welle des Haupttradsatzes und ist über das erste Schaltelement (A) mit einem ausgangsseitigen Stirnrad (S22) der zweiten Stirnradstufe (ST2) verbindbar;
- ein Sonnenrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) und ein Sonnenrad (21) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) sind gekoppelt und bilden die zweite freie Welle des Haupttradsatzes und sind über das zweite Schaltelement (B) mit dem ausgangsseitigen Stirnrad (S22) der zweiten Stirnradstufe (ST2) verbindbar, über das dritte Schaltelement (C) festsetzbar, sowie über das sechste Schaltelement (F) mit einem ausgangsseitigen Stirnrad (S12) der ersten Stirnradstufe (ST1) verbindbar;
- ein Steg (25) mit Planetenrädern (22) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) bildet die dritte freie Welle des Haupttradsatzes und ist über das vierte Schaltelement (D) festsetzbar, sowie über das fünfte Schaltelement (E) mit dem ausgangsseitigen Stirnrad (S12) der ersten Stirnradstufe (ST1) verbindbar; und
- ein Hohlrad (23) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) und ein Steg (15) mit Planetenrädern (12) des ersten Planetenradsatzes (RS1) sind gekoppelt und bilden die vierte freie Welle des Haupttradsatzes und sind mit der Abtriebswelle (2) verbunden [Fig. 2A].

9. Mehrstufengetriebe nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- ein Sonnenrad (11) des ersten Planetenradsatzes (RS1) bildet die erste freie Welle des Haupttradsatzes und ist über das erste Schaltelement (A) mit einem ausgangsseitigen Stirnrad (S22) der zweiten Stirnradstufe (ST2) verbindbar;
- ein Sonnenrad (21) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) bildet die zweite freie Welle des Haupttradsatzes und ist über das zweite Schaltelement (B) mit dem ausgangsseitigen Stirnrad (S22) der zweiten Stirnradstufe (ST2) verbindbar, über das dritte Schaltelement (C) festsetzbar, sowie über das sechste Schaltelement (F) mit einem ausgangsseitigen Stirnrad (S12) der ersten Stirnradstufe (ST1) verbindbar;

- zwei gekoppelte Stege (15', 15'') mit inneren und äußeren Planetenrädern (12', 12'') des ersten Planetenradsatzes (RS1) und ein Steg (25) mit Planetenrädern (22) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) sind gekoppelt und bilden die dritte freie Welle des Haupttradsatzes, sind über das vierte Schaltelement (D) festsetzbar, sowie über das fünfte Schaltelement (E) mit dem ausgangsseitigen Stirnrad (S12) der ersten Stirnradstufe (ST1) verbindbar, wobei die äußeren Planetenräder (12'') des ersten Planetenradsatzes (RS1) und die Planetenräder (22) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) zusammengefaßt sind;
- ein Hohlrad (13) des ersten Planetenradsatzes (RS1) und ein Hohlrad (23) des zweiten Planetenradsatzes (RS2) sind zusammengefaßt und bilden die vierte freie Welle des Haupttradsatzes und sind mit der Abtriebswelle (2) verbunden

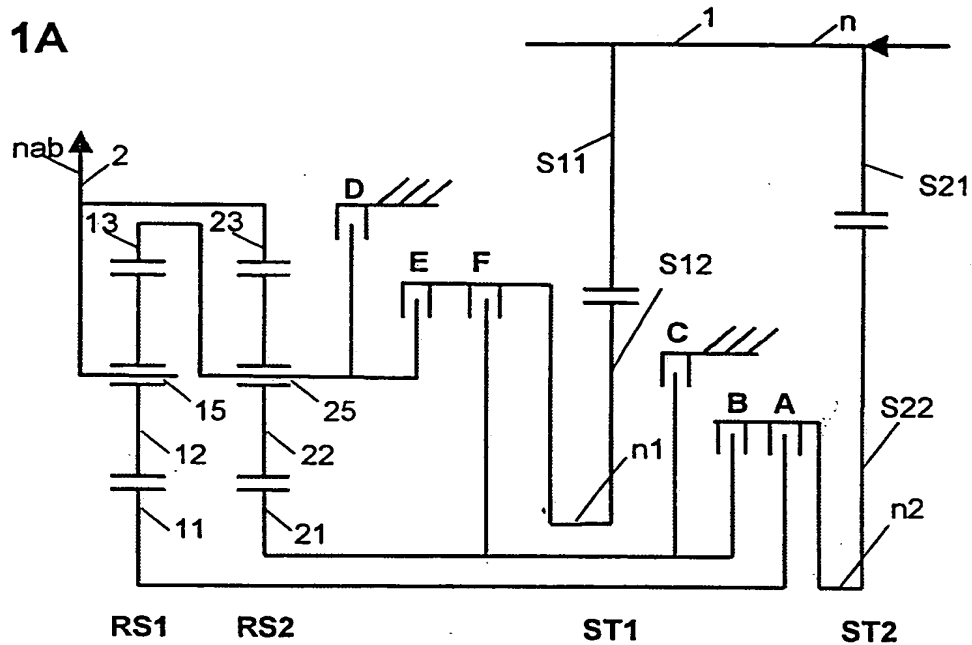
[Fig. 3A].

10. Mehrstufengetriebe nach einem oder mehreren der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Haupttradsatz ein nicht schaltbarer oder über mindestens ein zusätzliches Schaltelement schaltbarer Nachschaltsatz nachgeschaltet ist, mit einem Nachschalt-Planetenradsatz oder mehreren gekoppelten Nachschalt-Planetenradsätzen.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Figur 1A



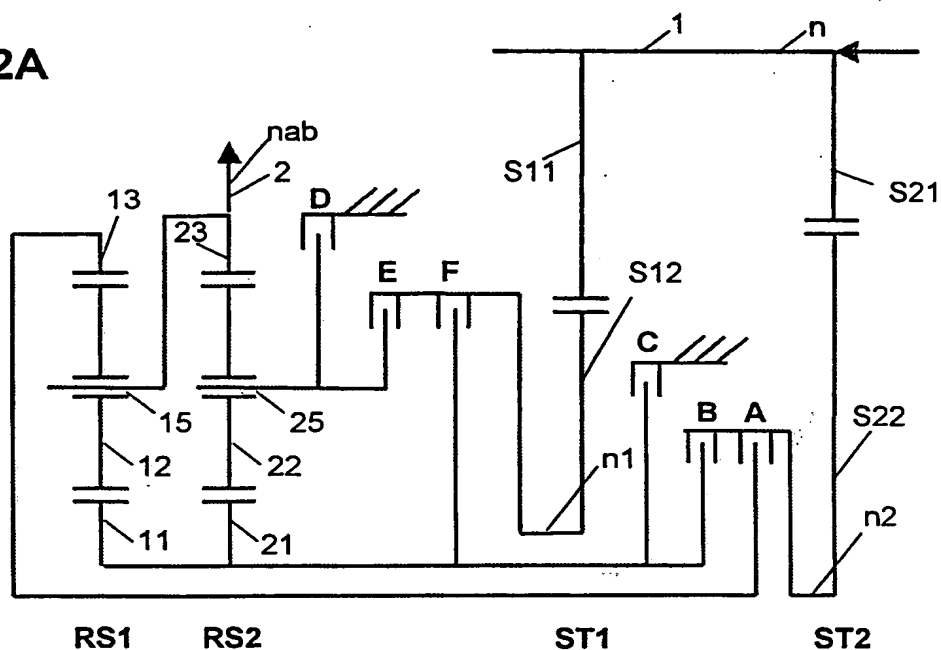
Figur 1B

Gang	Geschlossene Schaltelemente						Übersetzung	Stufung	Spreizung
	A	B	C	D	E	F			
1	O			O			5,60	1,90	7,6
2	O		O				2,95	1,47	
3	O	O					2,00	1,32	
4	O					O	1,51	1,24	
5	O				O		1,22	1,22	
6					O	O	1,00	1,18	
7		O			O		0,85	1,15	
8			O		O		0,74		
R1		O		O			-5,60		
R2				O		O	-2,80		

Standübersetzungen:

$$\begin{aligned}
 i_{0_RS1} &= -1,8 & i_{ST1} &= -1,0 \\
 i_{0_RS2} &= -2,8 & i_{ST2} &= -2,0
 \end{aligned}$$

Figur 2A



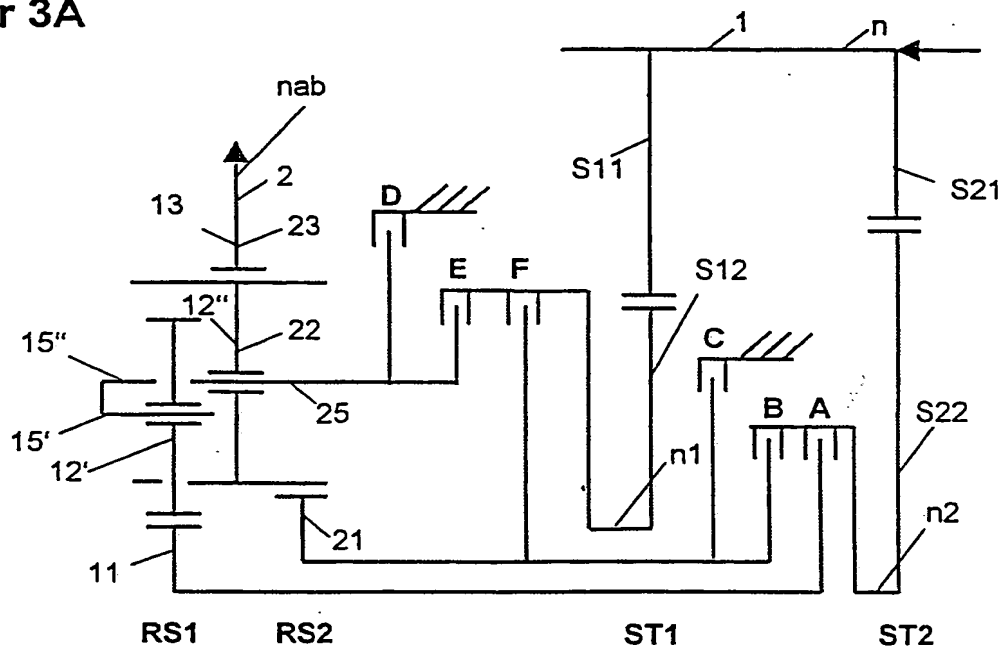
Figur 2B

Gang	Geschlossene Schaltelemente						Übersetzung	Stufung	Spreizung
	A	B	C	D	E	F			
1	O			O			5,60	1,90	7,6
2	O		O				2,95	1,47	
3	O	O					2,00	1,32	
4	O					O	1,51	1,24	
5	O				O		1,22	1,22	
6					O	O	1,00	1,18	
7		O			O		0,85	1,15	
8			O		O		0,74		
R1		O		O			-5,60		
R2				O		O	-2,80		

Standübersetzungen:

 $i_{0_RS1} = -2,11$ $i_{ST1} = -1,0$
 $i_{0_RS2} = -2,80$ $i_{ST2} = -2,0$

Figur 3A



Figur 3B

Gang	Geschlossene Schaltelemente						Übersetzung	Stufung	Spreizung
	A	B	C	D	E	F			
1	O			O			5,48	1,78	7,9
2	O		O				3,07	1,54	
3	O	O					2,00	1,35	
4	O					O	1,48	1,21	
5	O				O		1,22	1,22	
6					O	O	1,00	1,22	
7		O			O		0,82	1,18	
8			O		O		0,69		
R1		O		O			-4,48		
R2				O		O	-2,24		

Standübersetzungen:

 $i_{0_RS1} = +2,74$ $i_{_ST1} = -1,0$
 $i_{0_RS2} = -2,24$ $i_{_ST2} = -2,0$

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)